

PAT-NO: JP408330278A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08330278 A

TITLE: SURFACE PROCESSING METHOD AND SURFACE  
PROCESSING DEVICE

PUBN-DATE: December 13, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAKAGAWA, KOJIN

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

ANELVA CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07155152

APPL-DATE: May 30, 1995

INT-CL (IPC): H01L021/3065, C23F004/00 , H05H001/46

ABSTRACT:

PURPOSE: To realize good reproducibility of selectivity of etching velocity for a long period when a silicon oxide thin film, etc., is etched by using plasma.

CONSTITUTION: As for a method for dry etching, etc., for processing a thin film by using plasma produced by mainly using gas containing at least one kind of carbon atom, fluorine atom and hydrogen atom in molecule, plasma production condition is adjusted to make ratio of intensity of light emission from  $CF_2$  molecule in plasma and intensity of light emission from F atom constant. A surface processing device is provided with light emission intensity measuring parts 23, 24 which measure each light emission intensity of

CF<SB>2</SB> molecule and F atom by dispersing light from plasma, an operational part 25 for calculating ratio of each light emission intensity and a control part 25 for controlling one or both of high frequency power and gas flow rate for holding the ratio constant.

---

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-330278

(43)公開日 平成8年(1996)12月13日

(51)Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	F
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
				E
H 0 5 H 1/46		9216-2G	H 0 5 H 1/46	Z
			H 0 1 L 21/302	E
審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 8 頁)				

(21)出願番号 特願平7-155152

(22)出願日 平成7年(1995)5月30日

(71)出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72)発明者 中川 行人

東京都府中市四谷5丁目8番1号 日電ア

ネルバ株式会社内

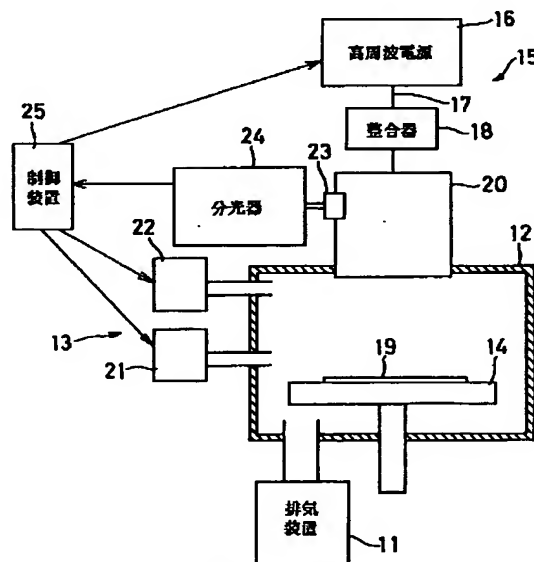
(74)代理人 弁理士 田宮 寛社

(54)【発明の名称】 表面処理方法および表面処理装置

(57)【要約】

【目的】 プラズマを用いて酸化シリコン薄膜等をエッチング等する場合にエッチング速度の選択性を長期間にわたって再現性良くする。

【構成】 分子中に炭素原子、フッ素原子、水素原子のうち少なくとも1種類を含むガスを主に用いて生成したプラズマを利用して行う薄膜を処理するドライエッチング等する方法で、プラズマ中の $CF_2$ 分子からの発光強度とF原子からの発光強度の比率が一定となるようにプラズマの生成条件を調整する。表面処理装置は、プラズマからの光を分光して $CF_2$ 分子とF原子の各発光強度を測定する発光強度測定部23,24と、各発光強度の比率を計算する演算部25と、比率を一定に保つように高周波電力とガス流量のいずれか一方または両方を制御する制御部25を備える。



- 12: 真空容器  
13, 21, 22: ガス導入装置  
14: 基板ホルダ  
15: 電力供給機構  
19: 基板

BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 分子中に炭素原子とフッ素原子と水素原子のうち少なくとも1種類を含むガスを主として用いて生成したプラズマを利用して行う薄膜を処理する表面処理方法において、プラズマ中の $\text{CF}_2$ 分子からの発光強度とF原子からの発光強度の比率が一定となるようにプラズマの生成条件を調整することを特徴とする表面処理方法。

【請求項2】 前記の炭素原子とフッ素原子と水素原子のうち少なくとも1種類を含むガスとして、 $\text{H}_2$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 、 $\text{CH}_3\text{F}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{HF}_5$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{F}$ のうちいずれか1つのガス、またはこれらのガスを混合して作られる混合ガスをを用いたことを特徴とする請求項1記載の表面処理方法。

【請求項3】 前記薄膜はシリコンと酸素を含む材料であることを特徴とする請求項1または2記載の表面処理方法。

【請求項4】 排気系を備えた真空容器と、前記真空容器内に処理ガスを導入する放電用ガス導入系と、前記処理ガスを放電させプラズマを発生させるためのプラズマ生成容器と、このプラズマ生成容器内に高周波電力を供給して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力供給機構と、前記真空容器内の所定の位置に配置された基板ホルダとを備え、前記プラズマを利用して前記基板ホルダ上の基板の表面の薄膜を処理する表面処理装置において、前記プラズマから発生する光を分光して $\text{CF}_2$ 分子とF原子の各発光強度を測定する手段と、測定された $\text{CF}_2$ 分子の前記発光強度とF原子の前記発光強度の比率を計算する手段と、前記比率を一定に保つように高周波電力およびガス流量のいずれかもしくは両方を制御する手段とを有することを特徴とする表面処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、プラズマを利用して基板の表面にドライエッチング等の処理を施す表面処理方法および表面処理装置に関し、特に、炭素とフッ素からなるガスをを用いたプラズマを利用して高周波電力により生じさせた気体放電によって酸化シリコン薄膜のエッチング等を行う方法、および当該エッチング等に適した形式の表面処理装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】プラズマを利用して基板の表面の薄膜を除去するプロセス、いわゆるドライエッチングプロセスが、LSI（大規模集積回路）やLCD（液晶ディスプレイ）等の製作において盛んに利用されている。ドライエッチングプロセスは、多くの場合、プラズマの物理的または化学的作用を利用したものである。

【0003】ドライエッチングのためのプラズマは各種の反応性ガスを用いて生成されるが、特に酸化シリコン薄膜のドライエッチングを行う場合には、フロンガスをを用いて高周波電力により生成したプラズマを使用する方法が頻繁に採用されている。以下では代表的ドライエッチングプロセスである酸化シリコン薄膜のドライエッチングプロセスの例に着目して説明する。

【0004】酸化シリコン薄膜のドライエッチングに用いるフロンガスとして頻繁に利用されるものは、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 、 $\text{CH}_3\text{F}$ 等の炭素、フッ素、水素からなるガスである。このうち、炭素とフッ素のみからなるガスが主たるエッチング用ガスとして用いられると共に、水素を含むガスは、酸化シリコン薄膜エッチングにおいて下地シリコンとの間のエッチング速度に違いを持たせるために添加される場合が多い。添加ガスとして水素ガスをを用いる方法も一般的である。従来は、塩素を含むフロンガスも頻繁に用いられていたが、フロンガスの規制が強化されるに従い、一般的なドライエッチングプロセスには用いられなくなりつつある。

【0005】フロンガスのプラズマ中には、電子衝撃によるフロンガスの解離により生じた原子状フッ素および $\text{CF}$ 、 $\text{CF}_2$ 、 $\text{CF}_3$ 等の分子状解離種およびこれらのイオン等の反応性の高い活性種が多量に存在する。基板表面の酸化シリコン薄膜が、これらの活性種と反応して揮発性の高い反応生成物を生成することにより、ドライエッチングプロセスが進行する。

【0006】酸化シリコン薄膜のエッチングには、酸化シリコン薄膜表面に対して100eV程度以上のエネルギーを持つイオンの衝撃が必要とされている。イオンにエネルギーを与えるために、通常は被処理基板を高周波電極上に設置し、電極表面に生じる自己バイアス電圧によってイオンを加速する、いわゆる反応性イオンエッチング（RIE）が一般的に用いられている。

【0007】図5は、フロンガスプラズマを使用した従来のRIE装置の構成例を示す。このRIE装置は、排気装置11を備えた真空容器12と、真空容器12内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入装置（ガス導入装置）13と、真空容器12内の所定位置に配置された基板ホルダ（電極体）14と、この基板ホルダ14に高周波電力を供給して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力供給機構15を備えている。電力供給機構15は、高周波を発生させる高周波電源16と、高周波電源16が発生した高周波電力を真空容器12内の基板ホルダ14に導く電力供給線17と、電力供給線17上に配置された整合器18等から構成される。基板19は、基板ホルダ14上に保持される。また基板ホルダ14には基板19を固定する機構、基板19の温度を制御する機構等が設けられる。

【0008】上記RIE装置において、排気装置11に

よって排気された真空容器12内にガス導入装置13によって放電用ガスとして例えばフロンガスを導入すると共に、電力供給機構15によって基板ホルダ14に所定の高周波電力を供給する。導入されたフロンガスは基板ホルダ14に供給された高周波の電界によって放電し、プラズマを生成する。そして、生成されたプラズマの物理的または化学的作用によって基板19の表面に所定のエッチング処理が施される。なお供給される高周波電力は、HF帯に属する13.56 MHzの周波数のものが採用されることが多い。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のようなエッチングプロセスにおいては、1枚の基板から多くのデバイスを製作する要請により、基板のサイズは大きくなる傾向にある。このため、複数枚の基板を同時に処理するいわゆるバッチ式R I E装置は使用されなくなり、基板を1枚ずつ処理するいわゆる枚様式R I E装置が主流となっている。枚様式R I E装置では、バッチ式装置と同等以上の生産性を確保するために高速エッチングを行う必要がある。酸化シリコン薄膜の枚様式R I E装置では、電極間隔を従来よりも小さくし、電極の単位面積当たりの高周波電力をバッチ式R I E装置の10倍程度供給すると同時に、ガス圧力を1 Torr前後に設定して生成した高密度プラズマを利用して、高速エッチングが実用化されている。

【0010】しかしながら、L S Iのパターンが微細化され、0.5  $\mu$ m程度のパターンのエッチングが必要とされるに伴い、エッチング形状の垂直性が優れないこと、L S Iのパターンの大きさによってエッチング速度が異なること等の問題点が明らかになり、前述のR I E装置の限界点となっている。

【0011】従来のR I E装置の問題点を解決するため、ガス圧力を10 mTorrあるいはそれ以下と従来よりも低くして、低圧力高密度プラズマ生成手段を用いてガスをプラズマ化するエッチング装置が開発されている。このエッチング装置では、被処理基板に高周波バイアスを加えてイオンを加速する手法を併用することにより、高速エッチングが実現される。低圧力高密度プラズマ生成手段としては、ECR（電子サイクロトロン共鳴）プラズマ源、ICP（誘導結合型プラズマ源）、ヘリコン波プラズマ源等が多く採用されている。

【0012】しかし、この種のプラズマ生成手段を利用したエッチング方法には、従来のR I Eエッチング方法とは異なる特徴がある。本発明者の研究によると、上述のような低圧力高密度プラズマ生成手段により生成されたプラズマにおいては、フロンガスの解離が進行してフッ素原子の相対的な量が従来のR I E装置におけるプラズマと比較して非常に大きいことが判明した。このようなガスの解離現象は各種の低圧力高密度プラズマ生成手段に共通するものであり、従来のR I Eと同様なフロン

ガスを用いた場合には、酸化シリコン薄膜と下地のシリコンとの間のエッチング速度の選択性を確保することが困難であった。従って、低圧力高密度プラズマ生成手段を利用したドライエッチング装置を用い、L S I製造のための酸化シリコン薄膜のエッチングを行うには、水素ガスまたは水素原子を含むフロンガスの添加量を調整し、さらにプラズマ生成のための高周波電力を調整して下地シリコンとの選択性を確保する、新しいエッチング方法の開発が必須である。

10 【0013】しかしながら、前述したエッチング速度の選択性は、ガスの添加量および高周波電力の調整によって一義的に定まる場合は少なく、装置の履歴、プラズマ生成手段の壁の温度等の制御困難な量によっても変化するため、良好な選択性を常時維持することは非常に困難であった。また選択性が経時変化する場合、ドライエッチング終了後のL S Iのパターンの形状が変化するため、一定の特性を持った電子デバイスを連続的に製造することは困難であった。

20 【0014】本発明の目的は、上記問題を解決するためになされたものであり、例えば低圧力高密度プラズマ生成手段を利用した表面処理装置を用いてL S I製造のための酸化シリコン薄膜の例えばエッチング等の表面処理を行う場合にあって、特にエッチング速度の選択性を長期間にわたって再現性良くドライエッチング等を行うことのできる表面処理方法および表面処理装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】第1の本発明（請求項1）に係る表面処理方法は、分子中に炭素原子、フッ素原子、水素原子のうち少なくとも1種類を含むガスを主として用いて生成したプラズマを利用して行う薄膜を処理するドライエッチング等の表面処理方法において、プラズマ中のCF<sub>2</sub>分子からの発光強度とF原子からの発光強度の比率が一定となるようにプラズマの生成条件を調整するようにした方法である。

【0016】第2の本発明（請求項2）に係る表面処理方法は、上記第1の発明において、炭素原子、フッ素原子、水素原子のうち少なくとも1種類を含むガスとして、H<sub>2</sub>、F<sub>2</sub>、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、CHF<sub>3</sub>、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>F、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>F、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>F<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Fのうちいずれか1つのガス、またはこれらのガスを任意に混合して作成される混合ガスが用られる。

【0017】第3の本発明（請求項3）に係る表面処理方法は、上記第1または第2の発明において、薄膜がシリコンと酸素を含む材料である。

【0018】第4の本発明（請求項4）に係る表面処理装置は、排気系を備えた真空容器と、真空容器内に処理ガスを導入する放電用ガス導入系と、処理ガスを放電させプラズマを発生させるためのプラズマ生成容器と、こ

のプラズマ生成容器内に高周波電力を供給して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力供給機構と、真空容器内の所定に位置に配置された基板ホルダとを備え、生成したプラズマを利用して基板ホルダ上の基板の表面の薄膜の処理する表面処理装置であり、プラズマから発生する光を分光して $\text{CF}_2$ 分子とF原子の各発光強度を測定する発光強度測定部と、測定した $\text{CF}_2$ 分子とF原子の各発光強度の比率を計算する演算部と、比率を一定に保つように高周波電力およびガス流量のいずれか一方もしくは両方を制御する制御部を有するように構成される。

【0019】

【作用】本発明による表面処理方法では、プラズマ中の $\text{CF}_2$ 分子からの発光強度とF原子からの発光強度の比率がエッチング速度選択性の間に強い相関関係があるということに基づいて、発光分光法によって測定された $\text{CF}_2$ 分子とF原子の発光強度の比率値を所望の一定値に保つように、放電電力、放電圧力、エッチング用ガスの混合比等を制御し、これによりエッチング速度の選択性を常に一定に保持する。

【0020】本発明による表面処理装置では、発光強度測定部によってプラズマから発生する光を分光して $\text{CF}_2$ 分子とF原子の各発光強度を測定し、演算部で $\text{CF}_2$ 分子とF原子の各発光強度の比率を計算し、制御部で当該比率が一定に保られるように高周波電力およびガス流量のいずれか一方もしくは両方を制御し、もって上記の表面処理方法を実施する。

【0021】

【実施例】以下に、本発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。

【0022】下記の説明では表面処理装置の一例としてLSIを製作する際に必要な酸化シリコン薄膜のエッチング方法を想定しているが、本発明の適用対象が、この種の方法に限定されるものではないことは勿論である。

【0023】図1および図2は、本発明に係る表面処理方法の1つであるドライエッチング方法の特徴を説明するために用いるプラズマ発光分光スペクトラムを示す図である。より具体的には、図1および図2は、低圧力高密度プラズマ生成手段として例えばヘリコン波プラズマ源を利用したドライエッチング装置に、ドライエッチング用ガスとして $\text{C}_4\text{F}_8$ と水素の混合ガスを導入して生成したプラズマの発光分光結果である。

【0024】ヘリコン波プラズマ源を利用したエッチング装置を用いて酸化シリコン薄膜のエッチングを行う場合に、ヘリコン波プラズマ源に供給する高周波電力の大きさによって、エッチング速度の選択性が異なることが、本発明者の研究によって判明している。本発明者は、ヘリコン波プラズマ源に対して供給する高周波電力を比較的大きく（例えば2KW）して高密度プラズマ（電子密度 $10^{12}\text{cm}^{-3}$ 以上）を生成する大電力モード

と、ヘリコン波プラズマ源に対して供給する高周波電力を比較的小さく（例えば500W）してやや密度の低いプラズマ（電子密度 $10^{11}\text{cm}^{-3}$ 程度）を生成し、基板に供給するバイアス電力を調整してプラズマ密度の低下に伴うエッチング速度の低下を抑制する小電力モードとの2つの状態に分けて、ドライエッチング方法の最適化を図ってきた。

【0025】ドライエッチング方法の最適化を図るにあたって、本発明者は発光分光法を用いてプラズマ内の活性種の状態と、エッチング結果との相関性の調査を行い、本実施例に示す方法を用いることによって、エッチング方法の最適化が可能であることを見出した。このことを、以下に詳しく説明する。

【0026】図1はヘリコン波プラズマ源に供給する高周波電力を2KWとした場合、すなわち大電力モードの場合の発光分光結果である。これに対して、図2は同じく500Wとした場合、すなわち小電力モードの場合の発光分光結果である。図1と図2において、F原子の分光特性部分を10倍に拡大して示している。エッチング用ガスの混合比および流量は図1、図2の場合いずれも同一である。また、基板ホルダには高周波（例えば周波数400kHz）のバイアス電力が供給されている。バイアス電力を調整することにより、いずれの条件においても酸化シリコン薄膜のエッチング速度はほぼ同一である。この2つのスペクトルの違いとして特徴的であるのは、 $\text{CF}_2$ 分子およびF原子の発光強度の比率が大きく異なる点にある。

【0027】また、この2つのエッチング条件で得られたエッチング結果において特徴的であるのは、酸化シリコン薄膜のエッチング速度がほぼ同一であるのにも拘らず、下地シリコン（多結晶シリコン膜）のエッチング速度が大きく異なること、すなわちエッチングの選択性が異なる点にある。

【0028】 $\text{CF}_2$ 分子とF原子の発光強度の比率は、エッチング用ガスの種類または混合比、エッチング時のガス圧力、高周波電力のいずれにも依存して変化する。

【0029】本発明者は、エッチング圧力、低圧力高密度プラズマ生成機構に供給する高周波電力、ガスの混合比をパラメータとして、発光分光法により、発光強度の比率とエッチング速度の選択性との関連を測定した結果、発光強度比率とエッチング選択性の間に良好な関連性のあることを見出した。

【0030】図3に、発光強度比率（ $\text{CF}_2$ とFの各発光強度の比）とエッチング速度選択性（酸化シリコン薄膜と多結晶シリコン薄膜の各エッチング速度の比）の関連性を示す。図3に従えば、発光強度比率とエッチング速度選択性の間に強い相関関係があり、この関係は放電電力、放電圧力等を変化させた場合にも成立することが判明した。

【0031】以上の実施例から、例えばヘリコン波プラ

ズマ源のような低圧力高密度プラズマ生成機構を採用したドライエッチング装置により酸化シリコン薄膜のドライエッチングを行う方法において、発光分光法によって  $\text{CF}_2$  分子およびF原子の発光強度の比率を測定し、その値を所望の一定値に保つように、放電電力、放電圧力、エッチング用ガスの混合比等を適切に制御することにより、エッチング速度の選択性を常に一定に保持することができることがわかる。

【0032】上記実施例によるエッチング方法によれば、酸化シリコン薄膜のドライエッチングを再現性良く行うことが可能となった。従来のエッチング方法で問題となっていた、エッチング速度の選択性の変動は、ドライエッチング用の真空容器におけるプラズマ接触面に堆積物が付着することにより、プラズマ中の活性種の組成が変動し、その結果エッチング速度の選択性に経時変化が発生するものと考えられている。上記実施例によるエッチング方法を適用することにより、プラズマ中の活性種のうち、エッチング速度の選択性に関連の深い  $\text{CF}_2$  分子およびF原子の比率を一定に保つことが可能となり、長期間連続してドライエッチングを行った場合にもエッチング結果の再現性を確保することができる。

【0033】本実施例によるドライエッチング方法によれば、次のような利点も有する。この種のドライエッチング装置では、装置の保守を行った直後には、プラズマ中の活性種の発生割合が変わる現象がある。このため、保守作業後ある程度ドライエッチングを行って真空容器の内壁が堆積物によって十分に覆われるまでの間は、エッチング特性が変化しやすい。また、真空容器の内壁が堆積物によって十分に覆われた後でも、プラズマからの輻射熱によって真空容器内壁の温度が変化することにより、ドライエッチング速度の選択性の再現性が損なわれる場合がある。このような現象に対しても、本実施例に係るエッチング方法によれば、ドライエッチング特性の再現性を従来よりも格段に向上させることができる。

【0034】図4に、本発明に係るドライエッチング方法を実施するためのドライエッチング装置の実施例を示す。図4に示したドライエッチング装置において、基本的な構成部分は、図5で説明したドライエッチング装置と同じである。図4において、図5で示した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付している。本実施例によるドライエッチング装置は、排気装置11を備えた真空容器12と、真空容器12内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入装置（ガス導入装置）13と、真空容器12に接続して配置された低圧力高密度プラズマ生成機構20と、この低圧力高密度プラズマ生成機構20に高周波電力を供給して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力供給機構15を備える。電力供給機構15は、高周波を発生させる高周波電源16と、高周波電源16が発生させた高周波電力を低圧力高密度プラズマ生成機構20に導く電力供給線17と、電力供給線17

上に配置された整合器18等から構成される。また真空容器12内の所定の位置には、処理される基板19が設置される基板ホルダ14が配置される。基板ホルダ14には基板19を固定する機構、基板19の温度を制御する機構等が設けられる。基板19は例えば直径200mm程度の大きさのシリコンウェーハである。また基板ホルダ14には、図示しない基板バイアス用電力供給機構により高周波電力を供給することが可能である。

【0035】図4のドライエッチング装置において、排気装置11によって排気された真空容器12内にガス導入装置13によって放電用ガスとして例えばフロンガス等を導入すると共に、電力供給機構15によって低圧力高密度プラズマ生成機構20に所定の高周波電力を供給する。導入されたフロンガス等は低圧力高密度プラズマ生成機構20に供給された高周波の電界によって放電し、プラズマを生成する。そして、生成されたプラズマの物理的または化学的作用によって、基板19の表面に所定のエッチング処理が施される。

【0036】次に本実施例によるドライエッチング装置の特徴的な構成を詳述する。

【0037】放電用ガスを導入するガス導入装置13は、水素原子を含まないフロンガスのガス導入装置21と水素ガスを含むフロンガスのガス導入装置22により構成される。各ガス導入装置21、22によって各フロンガスの流量に関し独立した流量の制御が可能である。なお、3種類以上のガスを混合する必要がある場合には、その数に応じたガス導入装置を設置する。

【0038】低圧力高密度プラズマ生成機構20のプラズマ生成領域に対応する箇所には、内部のプラズマからの発光を観察するための窓23が設置される。低圧力高密度プラズマ生成機構20にこのような窓23を設置することが困難な場合には、真空容器12の壁に、プラズマを観測できる方向を向けて窓を設置しても良い。低圧力高密度プラズマ生成機構20の内壁に堆積物の生成が著しく、窓23の表面に汚れがつきやすい場合には、後者の構成をとることが望ましい。また窓23には石英ガラスなどの、測定する光の波長領域において吸収のない材料が用いられる。

【0039】プラズマからの光は、窓23を通して分光器24に導かれ、観測すべき波長の光の発光強度を測定する。本実施例においては、 $\text{CF}_2$  分子の発光として240nm、F原子の発光として704nmの光の強度を用いた。なお、この他の波長の光であっても、それらが  $\text{CF}_2$  分子およびF原子の励起状態からの発光に対応するものであれば、同様の結果を得ることができる。

【0040】分光器24によって得られたそれぞれの波長の発光強度の値（電流値として得られる）は、制御装置25に取り込まれる。すなわち、制御装置25は分光器24から与えられたデータを解析し、 $\text{CF}_2$  分子とF原子に関して励起状態からの発光強度の比を計算する。

発光強度の比率とエッチング速度選択性との間には、前述した図3に示したように直線的な相関性がある。従って、 $CF_2$  分子とF原子の発光強度の比率の値を一定に保つように放電条件を制御することによって、エッチング速度の選択性を常に一定に保つことができる。従って、計算により得られた当該比率値が一定となるように制御装置25は、高周波電源16の出力、およびガス導入装置21、22のいずれか一方または両方を制御する。

【0041】放電用ガスの具体的選択例としてガス導入装置21からは $CF_4$ 、ガス導入装置22からは $H_2$ を導入する場合、 $H_2$ の供給量が大きいほど $CF_2$ 分子とF原子の励起状態からの発光強度の比は大きくなることを利用して、ガス導入装置22のガス流量を制御することにより発光強度の比率を一定に保つことができる。ドライエッチング装置では、一般的に処理枚数が多くなるに従い $CF_2$ 分子の励起状態からの発光が増大し、エッチング速度の選択性が大きくなる傾向にある。従って、プラズマ観測結果に基づいてガス導入装置22の流量を少なくするように制御すれば、 $CF_2$ 分子とF原子の励起状態からの発光強度の比、すなわちエッチング速度の選択性を一定に保つことが可能となる。

【0042】また高周波電源16の出力により、 $CF_2$ 分子とF原子の励起状態からの発光強度の比を制御する場合には、供給される高周波電力が大きくなると、 $CF_2$ 分子とF原子の励起状態からの発光強度の比が小さくなるという現象を利用して、発光強度の比、すなわち上記選択性を一定に保つことができる。

【0043】ガス導入装置21から導入するガスを $CF_4$ 、 $C_2F_6$ 、 $C_3F_8$ 、 $C_4F_8$ のうちいずれか1つのガスまたはこれらの混合ガスを導入し、ガス導入装置22から導入するガスを $H_2$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $CH_3F$ 、 $CH_4$ 、 $C_2HF_5$ 、 $C_2H_2F_4$ 、 $C_2H_3F_3$ 、 $C_2H_4F_2$ 、 $C_2H_5F$ のうちいずれか1つのガスまたはこれらの混合ガスを導入する場合にも、上記と同様に、ガス導入装置22のガス流量のみを制御することにより、発光強度の比率を一定に保つことができる。

【0044】以上の構成を有する本実施例のドライエッチング装置によれば、常にエッチング速度の選択性を一定に保ったドライエッチングが可能である。「発明が解決しようとする課題」の項ですでに説明したように、従来のドライエッチング装置においては、真空室の温度の制御、ガス圧力の制御等により、エッチング結果の再現性の確保が試みられている。しかし、放電条件を同一とした場合にも、プラズマの特性が変化する場合が多い。本実施例によれば、プラズマの状態を常に観測し、その結果を放電条件にフィードバックすることにより、従来の方法では制御の困難であったわずかな変動を抑制することができる。

【0045】以上の実施例から明らかなように、ドライエッチングによりLSIの大量生産を行う場合の生産性の向上に大きく寄与し、従来は経験的なデータに頼っていた再現性の確保を、観測データに基づくプラズマ特性の自動的な制御により可能としたことを最大の特徴とする。

【0046】上記実施例では高密度プラズマ源に関して説明したが、本発明に係るドライエッチング方法やこの方法を実施する装置はこれに限定されるものではない。また本実施例では酸化シリコン薄膜のドライエッチングに応用した例を示したが、本発明の目的は、すでに述べたように発光分光法を用いて、プラズマ中に存在する作用の異なる活性種の相対的な比率を制御したプラズマを発生させることにある。従って、例えば酸化シリコン薄膜以外の材料のドライエッチング、プラズマCVD、プラズマ重合等の、プラズマを利用するあらゆる表面処理を目的とした表面処理方法に応用しても、実施例において説明したと同様の効果を得ることができる。

【0047】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように本発明によれば、例えば酸化シリコン薄膜のドライエッチング方法または装置等の表面処理において、発光分光法によってプラズマからの $CF_2$ 分子およびF原子の発光強度の比率を測定し、さらにその比率値が常に一定となるように放電条件を調整するように構成したため、ドライエッチング特性等の表面処理の不安定性を改善することができる。特に、本発明は低圧力高密度プラズマ生成機構を採用したドライエッチング装置に適用した場合にその効果が顕著であり、大型シリコンウェーハを高速枚葉処理することを目的としたドライエッチング方法およびドライエッチング装置の実用性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ヘリコン波プラズマ源に供給する高周波電力を2KWとした場合（大電力モード）の発光分光結果を示す図である。

【図2】ヘリコン波プラズマ源に供給する高周波電力を0.5KWとした場合（小電力モード）の発光分光結果を示す図である。

【図3】発光強度比率とエッチング速度選択性との関連性を示す図である。

【図4】本発明に係る表面処理装置の実施例を示す構成図である。

【図5】従来のRIE装置を示す構成図である。

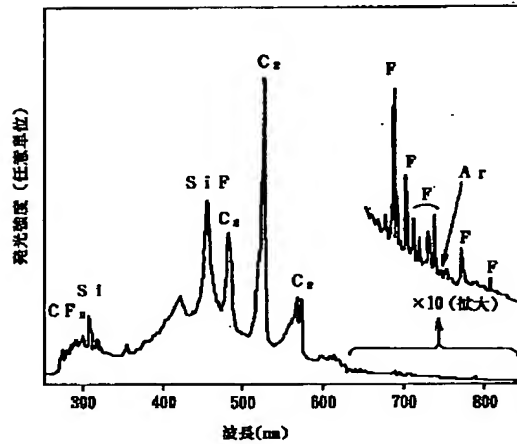
【符号の説明】

11	排気装置
12	真空容器
13, 21, 22	ガス導入装置
14	基板ホルダ
15	電力供給機構
16	高周波電源

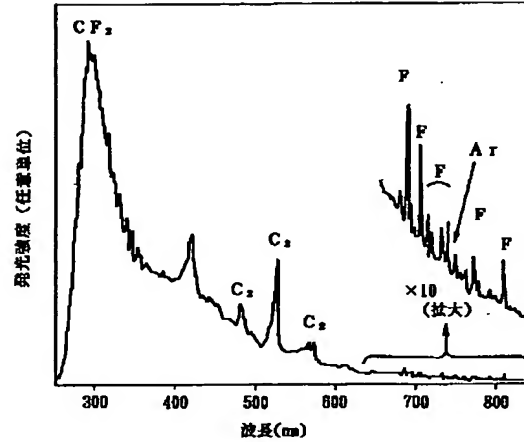


19	11	24	12
20	基板	25	分光器
23	低圧力高密度プラズマ生成機構		制御装置
	窓		

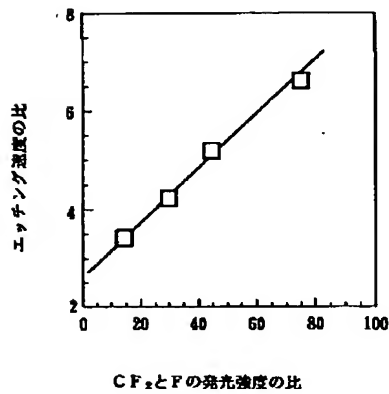
【図1】



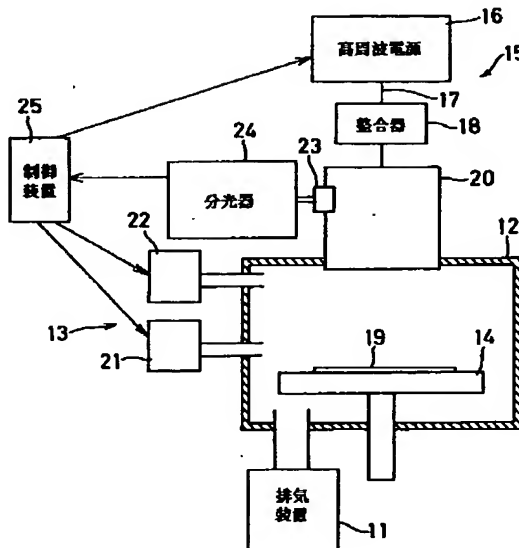
【図2】



【図3】



【図4】



- 12: 真空容器  
13, 21: ガス導入装置  
14: 基板ホルダ  
15: 電力供給機構  
19: 基板

【図5】

